Hybridation of a flexible production system: possibilities for an application of the anthropocentrism concept

António Moniz and Paula Oliveira and Sofia Bento

UNL-FCT, UNINOVA

February 1996

HIBRIDAÇÃO DE UM SISTEMA FLEXÍVEL DE PRODUÇÃO: possibilidades de aplicação do conceito de antropocentrismo[1]

António Brandão Moniz
(Sociólogo, CRI-UNINOVA e Faculdade de Ciências e Tecnologia-UNL)

Paula Oliveira
(Engenheira, CRI-Centro de Robótica Inteligente, UNINOVA)

Sofia Bento
(Psicóloga, CRI - Centro de Robótica Intelegente, Uninova)

Campus da FCT/UNL - Quinta da Torre • 2825 Monte de Caparica • PORTUGAL
Telef +351-1-3500225/6 • Fax +351-1-2941253 • Telex 14 542 FCTUNL P
E-Mail: abm@uninova.pt, po@uninova.pt ou sb@uninova.pt

ABSTRACT

Today one can understand the wider use of the anthropocentrism concept applied to the production architectures, emerging a new value of the intuitive capacities and human knowledge in the optimization and flexibilization of the manufacturing processes. Having a flexible production and assembly system architecture that exists at UNINOVA-CRI, we will try to develop some exploratory hypothesis on the applicability of the *hybridizing* concept and its repercussions in the definition of working places, in their organization and formation of working teams. We will underline some aspects that should be taken into consideration when are design such systems, including some ergonomical aspects

Keywords: anthropocentrism; human-oriented systems; production architectures; manufacturing processes; flexibilization; working teams; ergonomy

JEL classification: J81; L23; O14

1. SUMÁRIO

Assiste-se actualmente a um alargamento do conceito de antropocentrismo às diferentes arquiteturas produtivas, valorizando-se as capacidades intuitivas e os conhecimentos humanos na optimização e flexibilização dos processos produtivos. Tendo como ponto de partida a arquitectura de um sistema flexível de produção e montagem existente no UNINOVA-CRI, tentar-se-á adiantar algumas hipóteses exploratórias sobre a aplicabilidade do conceito de hibridação e suas repercusões na definição dos postos de trabalho, na organização dos mesmos e na formação de equipas de trabalho. Procurar-se-á salientar alguns aspectos que devem ser tidos em consideração quando se concebem sistemas desta envergadura, incluindo alguns aspectos ergonómicos.

2. INTRODUÇÃO

Ao longo desta comunicação pretende-se apresentar o conceito de *hibridação*, abordando alguns aspectos que o integram, nomeadamente, a arquitectura física desses sistemas ("hardware"), o sistema de informação que integra essa arquitectura, a configuração de postos de trabalho e suas interdependências, tendo como ponto de referência um sistema flexível de produção e montagem existente no UNINOVA-CRI.

Ainda sobre o mesmo conceito pretende-se compreender como se processam os fluxos de informação e os fluxos de materiais, sabendo que a informação em circulação pode ser processada automaticamente, ou é alterada e acrescentada por indivíduos, ou circula apenas entre indivíduos.

Ganha então sentido o conceito de *célula de produção* no seio destes sistemas flexíveis, como elemento de novos modelos de produção.

Focar-se-ão ainda possíveis problemas que podem decorrer da aplicação de cada uma das hipóteses possíveis de desenvolvimento desses sistemas, nomeadamente: a) total automatização com controlo humano centralizado; b) processo não automatizado de trabalho oficinal com um sistema "um indivíduo, uma máquina"; c) sistema híbrido de células automatizadas com postos de trabalho "elásticos".

Em 1993 foi instalado no UNINOVA-Centro de Robótica Inteligente um Sistema de Montagem e de Produção Flexível com o apoio do PEDIP. Este sistema foi concebido como uma unidade de demonstração que deverá funcionar com um conjunto de actividades típicas de um sistema CIM (*Computer Integrated Manufacturing*).

Além da actividade de Maquinagem e do sistema de Montagem, esta unidade-piloto inclui ainda um Armazém Flexível para componentes, uma secção de aprovisionamento de matérias-primas, uma secção de entrega de produtos acabados e um sistema de Transporte que associa todos estes elementos de produção automatizada.

Um dos objectivos iniciais [2] era conceber um sistema que facilmente produzisse diversos produtos com um mínimo de alterações de "setup". Além desta possível diversidade houve que tomar em consideração três tipos de actividade que caracterizam esta unidade-piloto: i) a formação profissional; ii) a demonstração industrial; iii) a investigação e desenvolvimento.

Estes tipos de actividades compreendem diferentes utilizadores potenciais (operadores, técnicos, investigadores). Deste modo, tomaram-se em consideração esses pré-requisitos para a concepção desta infra-estrutura tecnológica. Mas, até ao momento, os principais critérios de desenvolvimento desta unidade-piloto têm sido unicamente de carácter técnico, em particular, procurando automatizar procedimentos de ligação entre os vários elementos numa óptica de gestão centralizada do sistema de informação.

Apesar de tudo, não apenas é possível desenvolverem-se argumentos de carácter psico-social e ergonómico, como necessário conceberem-se alternativas que considerem a inclusão de postos de trabalho humanos que devem integrar-se neste ambiente de trabalho complexo, mas mais rico em conteúdo, dado exigir sobretudo uma intervenção qualitativamente mais avançada por parte de indivíduos. Assim, embora a hibridação não tenha sido um objectivo, ela passou a ser uma variável do sistema de produção integrado.

3. ARQUITECTURA DE SISTEMA

A arquitectura do *Sistema Flexível de Produção e Montagem* do UNINOVA-CRI baseia-se em alguns dos mais avançados conceitos de integração de diferentes sistemas de produção, e comporta cinco sub-sistemas:

(1) produção flexível (FMS)
(2) manipulação robotizada (IR)
(3) armazém automatizado
(4) transporte
(5) sensores
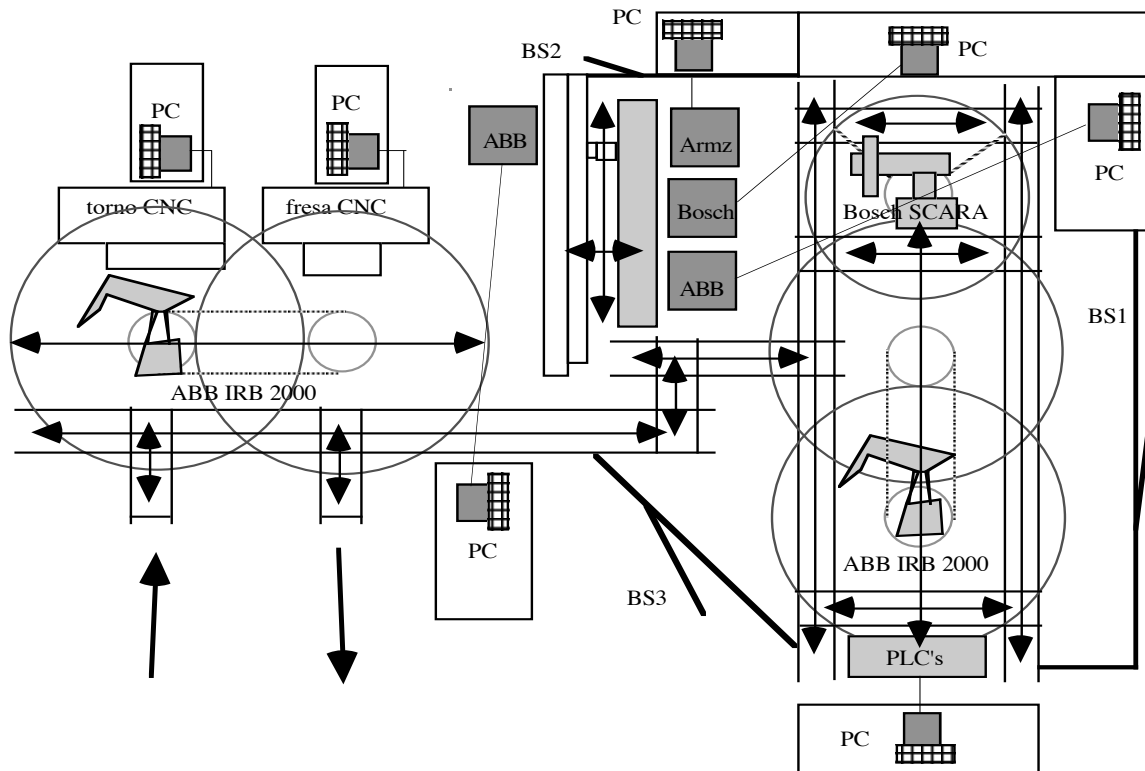
Fig. 1 - *Sistema Flexível de Produção e Montagem* do UNINOVA-CRI

Cada um destes sistemas pode ser operado de modo automático, ou como elemento do sistema integrado. Assim, no sub-sistema de produção flexível estão neste momento duas máquinas-ferramentas de CNC, uma de torneamento de peças, e outra de fresagem. Na manipulação robotizada encontram-se dois robots ABB

IRB 2000 e um robot BOSCH Turbo Scara SR 800. Os dois robots ABB têm possibilidade de deslocação sobre um eixo de translação (actualmente não programado).

O armazém automatizado compreende um robot cartesiano que alimenta os 56 alvéolos onde podem estacionar as paletes que contém componentes ou peças sub-montadas. Associado ao armazém e unindo como um sistema circulatório os vários sub-sistemas, considera-se como um sub-sistema específico, o transporte em tapete rolante controlado por PLC's das paletes com peças semi-acabadas, acabadas e matéria-prima.

Finalmente, os sensores estão colocados ao longo de todo o sistema de circulação e armazenagem, estando a ser desenvolvido um sistema sensorial a associar ao sistema de manipulação e outro ao de torneamento.

Qualquer um destes sub-sistemas inclui controladores próprios. Praticamente todos estes controladores podem comunicar entre si ou com um controlador central, o que, teoricamente, viabiliza uma forma de controlo centralizado de operações, como referimos mais acima.

Na figura 1 apresenta-se um esquema da referida unidade-piloto, representando apenas as máquinas instaladas e a designação das áreas e sentidos de movimentação de alguns elementos (sobretudo, robots e paletes).

Considerando as várias unidades e sub-sistemas podemos falar da implementação de três *células*:

C1 - Célula de maquinagem
C2 - Célula de montagem
C3 - Célula de armazenagem e transporte

Alguns destes dispositivos não se encontam ainda instalados, embora estejam previstos para breve, em particular a Barreira de Segurança para robot R1, que deverá ser instalada na célula C1. Esta célula deverá incluir ainda um sistema de sensores de visão e sonoros associados à máquina MF1 e à gestão geral da célula. Tais dispositivos encontram-se em desenvolvimento. Além disso, serão ainda instalados "buffers" [3] junto às áreas de recepção e de expedição de produtos e matérias-primas, e junto das máquinas-ferramentas para apoio à Maquinagem. Estes "buffers" poderão ser alimentados pelo robot R1, e poderão servir a operação de fresagem e/ou de torneamento de peças.

4. DEFINIÇÃO DE POSTOS DE TRABALHO

Tendo por base um sistema flexível de produção e montagem como o apresentado na unidade-piloto do UNINOVA-CRI, a tarefa de concepção dos postos de trabalho, do sistema de organização do trabalho e o estabelecimento eventual de grupos de trabalho, é uma tarefa que pode ser desenvolvida por cientistas sociais, ou técnicos similares, que intervenham neste tipo de sistema [4]. Neste momento essa tarefa não está concluída. Esta comunicação apresenta algumas sugestões analisadas até agora que permitem desenhar algumas das tendências possíveis, e, sobretudo, definir alguns pressupostos e limites à implementação desses postos de trabalho.

Em primeiro lugar, esta definição de postos de trabalho é balizada por estratégias de desenvolvimento da organização do trabalho do sistema que apoia a unidade-piloto. Ou seja, ela tanto pode pressupôr um único posto de trabalho que supervisiona e gere todo o sistema, como um complicado sistema que afecta um posto de trabalho a cada máquina ou elemento do sistema, isto é, cerca de 18 postos com tarefas muito segmentadas e funções muito pré-determinadas, adoptando um modelo Tayloriano de produção.

Nesta proposta consideramos um cenário que inclui apenas 8 postos de trabalho que requerem alguma especialização, mas que serão basicamente polivalentes. A sua distribuição será a que se apresenta na figura 2.

Quadro1 - Constituição das Células de Produção

Célula	Máquinas	
C1	MF1	Máquina-ferramenta CNC de torneamento
	MF2	Máquina-ferramenta CNC de fresagem
	R1	Robot de manipulação IRB 2000
	PC/MF1	Controlador da máquina MF1
	PC/MF2	Controlador da máquina MF2
	Buffers de I/O	"Buffers" de alimentação e expedição
	PC/R1	Controlador do Robot R1
C2	R2	Robot de manipulação IRB 2000
	R3	Robot Scara SR 800
	PC/R2	Controlador do Robot R2
	PC/R3	Controlador do Robot R3
	BS1	Barreira de Segurança do Robot R2
C3	Arm-Flex	Armazém Flexível (alvéolos)
	R4	Robot de manipulação do Arm-Flex
	PLC	Controlador Lógico Programável (conveyor)
	PC/PLC	Controlador do Sistema de Transporte
	PC/Arm-Flex	Controlador do Armazém Flexível e R4
	BS2	Barreira de Segurança do Arm-Flex
	BS3	Barreira de Segurança do Conveyor
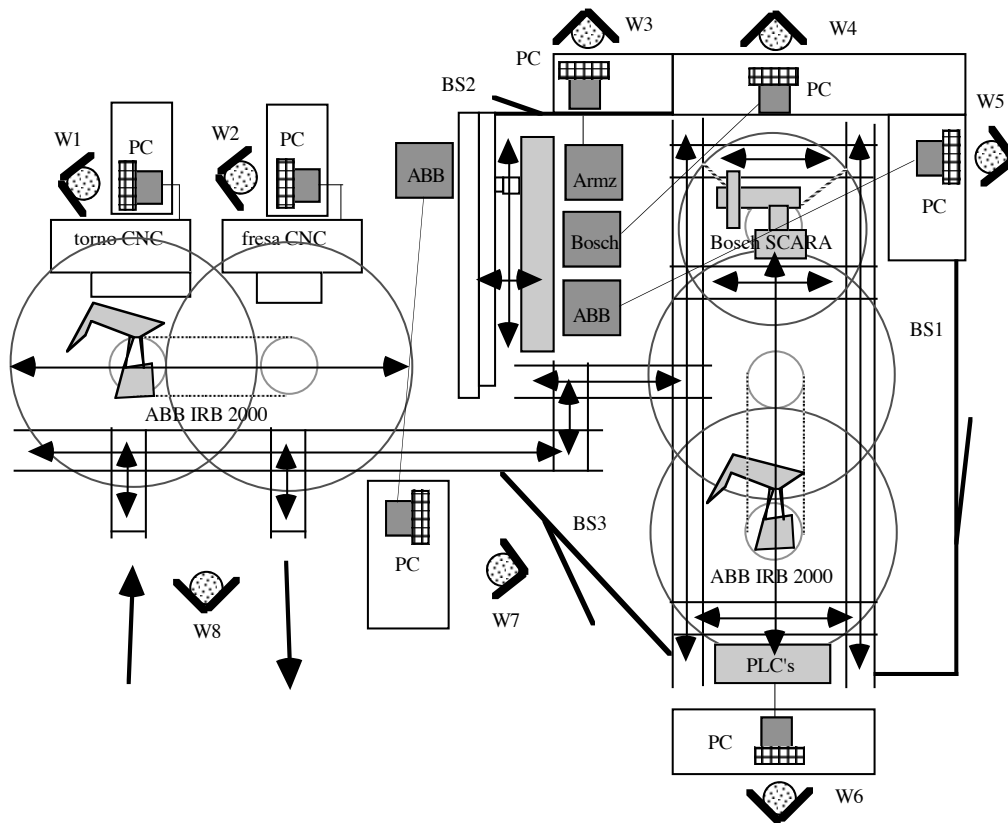
Fig.2 - *Sistema Flexível de Produção e Montagem* do UNINOVA-CRI integrando oito Postos de Trabalho

A análise do esquema é possível deduzir algumas das tarefas necessárias a serem executadas em cada posto de trabalho. Essas tarefas, descritas de um modo genérico, ao serem associados a postos de trabalho específicos pressupõem uma necessidade de conteúdos enriquecidos. Noutras palavras, os vários postos de trabalho previstos (W1…Wn) serão sempre objecto de enriquecimento de tarefas (alargamento vertical de tarefas agregadas), poisum(a) operador(a) no posto de trabalho W2, por exemplo, não apenas executará as funções associadas à operação da máquina-ferramenta MF2, mas deveria ainda realizar a sua programação, o controlo da qualidade, a manutenção, a preparação do trabalho e o planeamento/sequenciamento das diversas operações.O quadro 2 ilustra outros exemplos que podem verificados.

Quadro 2 - Definição de Tarefas

Posto de trabalho	Tarefas	Posto de trabalho	Tarefas
W1	Programação de MF1	W5	Programação do R2
	Controlo de Qualidade		Controlo de Qualidade
	Manutenção		Manutenção
	Preparação e sequenciamento		Preparação e sequenciamento
W2	Programação de MF2	W6	Programação de PLC's
	Controlo de Qualidade		Controlo da movimentação
	Manutenção		Manutenção
	Preparação e sequenciamento		Preparação e sequenciamento
W3	Programação do Arm-Flex	W7	Programação do R1
	Manutenção		Controlo de Qualidade
	Preparação e sequenciamento		Manutenção
W4	Programação do R3		Preparação e sequenciamento
	Controlo de Qualidade	W8	Apoio à alimentação de matérias-primas
	Manutenção		Apoio à expedição de produtos
	Preparação e sequenciamento		Gestão dos "buffers" e aprovisionamento

Tendo, no entanto, esta descrição algumas alternativas podem ser colocadas se, e só se, existir a possibilidade de desenvolvimento de *novas formas de organização do trabalho* além do enriquecimento de tarefas já referido. Em particular, estamos a referir a forma que poderá

promover a rotação de tarefas ou a constituição de grupos de trabalho.

Assim, com base nos pressupostos técnicos de definição das células de fabrico e montagem pode antever-se um agrupamento de postos de trabalho de acordo com aqueles princípios, e que poderiam ficar de acordo com o quadro 3.

Tomando este quadro de referência poderemos considerar então que os postos de trabalho W1, W2, W7 e W8

poderão situar-se na célula de maquinagem C1, os postos W4 e W5 na célula de montagem C2, e os postos W3 e W6 na célula de armazenagem e transporte C3. Ainda assim, outras hipóteses podem ser consideradas tomando por base outros critérios.

Quadro 3 - Agrupamento de Tarefas por Células de Produção

Célula	Máquinas	Postos de trabalho
C1	MF1	W1
	MF2	W2
	R1	W7
	PC/MF1	W1
	PC/MF2	W2
	PC/R1	W7
	Buffers de I/O	W8
C2	R2	W5
	R3	W4
	PC/R2	W5
	PC/R3	W4
	BS1	W5
C3	Arm-Flex	W3
	R4	W3
	PLC	W6
	PC/PLC	W6
	PC/Arm-Flex	W3
	BS2	W3
	BS3	W6

5. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO EM REDE E EQUIPAS DE TRABALHO

A organização do trabalho em rede (alargamento vertical e horizontal de tarefas, e inter-actuação frequente dos operadores) e a constituição de equipas de trabalho, parecem ser estratégias aconselháveis em situações com elevados níveis de qualificação laboral e complexidade tecnológica.

Num estudo de caso realizado numa célula de soldadura robotizada em Portugal [5] verificava-se que o trabalho de soldadura robotizada tem muito menor "stress" físico que o executado manualmente. Na célula robotizada podiam realizar-se diversas pausas ao longo do dia, podendo recuperar-se os atrazos verificados durante o trabalho, até porque o trabalho é feito em equipa. Alguns robots executam a sua tarefa de soldadura enquanto o operador responsável pelo respectivo robot se pode ausentar para outro sector ou zona da célula. Os operadores de robot no caso estudado necessitam de uma atenção bastante elevada durante a maior parte do seu tempo de trabalho; os riscos de acidente são intermitentes, mas quando ocorrem podem provocar algumas lesões importantes; têm amplas possibilidades de falar, sobretudo quando a máquina está executando o programa pré-elaborado; estes operadores apesar de trabalharem apenas com uma máquina utilizam diversos aparelhos auxiliares e ferramentas; finalmente, executam bastantes intervenções de conteúdo por vezes muito diferente em cada hora de trabalho.

Como se afirma nesse estudo de caso "ao revelar características da organização do trabalho, este índice [iniciativa] demonstra a existência de uma clivagem entre o sector robotizado e das máquinas semi-automáticas de soldadura. Assim, por exemplo, neste último sector os trabalhadores não podem, na oficina, organizar o seu trabalho e fazem o controlo da qualidade do produto sem o retocarem. Na célula robotizada, os operadores podem regular as máquinas e/ou instrumentos quando existe algum incidente. Pode-se dizer, em conclusão, que existe um maior nível de autonomia nos postos de trabalho de tecnologia avançada, isto é, na célula flexível de produção" [6].

No índice "comunicação entre colegas" verifica-se que existem possibilidades de cada operador de robots se ausentar do seu posto de trabalho, e o número de pessoas em redor é geralmente de 5 pessoas, o que é bastante favorável pois aumenta a possibilidade de comunicação oral.

Tendo em consideração estes aspectos, e os relativos às necessidades técnicas do sistema podem desenvolver-se formas alternativas de organização. Estas formas são necessárias e possíveis porque, "um sistema completamente automatizado que originalmente foi planeado para não incluir pessoas, acaba por ter de funcionar como um sistema indivíduo-máquina que é orientado para o equipamento" [7]. Esta situação envolve alguma delicadeza relativa aos requesitos de programação derivados desta estratégia.

Nesse sentido, a automatização do próprio processo de programação, via geração automática de planos, a monitorização da execução do plano e ainda a recuperação de eventuais erros [8], deverá tomar em consideração os aspectos organizacionais e os derivados da relação indivíduo-máquina. Sendo este processo capaz de reconfigurar e redistribuir o trabalho em células multi-máquina e multi-célula (como é o caso da unidade-piloto UNINOVA-CRI) no caso de existirem problemas ou erros, mais importante se torna a possibilidade de incluirem as variáveis sociais neste sistema que exige uma intensa capacidade de intervenção e de autonomia de tomada de decisão competente.

Deste modo, a informação em circulação pode não apenas ser processada automaticamente, mas pode igualmente ser alterada e acrescentada por indivíduos (operadores W), ou ainda pode circular somente entre indivíduos acrescentando novos dados que permitam uma maior qualidade na decisão.

Então, tem sentido a partir desse momento o conceito de "célula de produção" no seio destes sistemas flexíveis, como elemento de novos modelos de produção. Não se trata apenas de integrar de forma coerente um sistema multi-máquina, mas um sistema tecnológico avançado que permite essa integração aliado à possibilidade dos indivíduos-operadores poderem intervir, corrigir, programar, prever, enfim, de modo cooperativo o funcionamento de um sistema complexo. Mas, isso exige uma estratégia de desenvolvimento tecnológico de base orientada para esses princípios organizacionais. Neste momento, a unidade-piloto em referência permite ainda esta intervenção.

6. ASPECTOS ERGONÓMICOS DA HIBRIDAÇÃO

Quando se concebem sistemas deste género, existem alguns aspectos ergonómicos que não se podem descurar, tais como:

a) a análise/adequação antropométrica e de VDU's [9],
b) as necessidades energéticas,
c) as necessidades do ponto de vista psicológico e
d) as necessidades de dispositivos e medidas de segurança.

O número de postos de trabalho que possuem PC's salienta a necessidade de ser realizada uma análise antropométrica e uma análise das condições de trabalho com VDU's [10]. Não existem normas obrigatórias para modos de operação correctos, existem sim, directivas que realçam pontos importantes, cuja a aplicação permite reduzir o desconforto físico ou eliminar as suas causas, evitando problemas de saúde a médio/longo prazo.

As normas ICL [11] são um exemplo e nelas foram estabelecidas alguns pontos como, o dimensionamento e características das cadeiras (altura, profundidade, apoio lombar, apoios para braços), da mesa de trabalho, dos teclados e dos écrans, bem como alguns aspectos a ter em conta quando se concebe uma aplicação lógica e quando se projecta um ambiente de trabalho, no sentido de reduzir/evitar das pessoas que operam nestas áreas de trabalho e as consequências que podem advir das mesmas.

De um estudo realizado no sistema flexível de produção existente no UNINOVA-CRI, centrado no robot Scara (R3), tentou-se conceber um ciclo de trabalho complexo para o operador responsável pelo seu funcionamento [12]. O cálculo das necessidades energéticas demonstra que qualquer pessoa (adulto, independentemente do sexo) é capaz de realizar a tarefa. Por outro lado, dado a carga máxima admissível de dez quilos da palete e as características do ciclo de produção, o cálculo do limite de acção e do limite máximo de manuseamento de carga, de acordo com as normas NIOSH [13], demonstram que qualquer pessoa pode suportar a carga em questão. Pode-se

concluir que em termos de esforço físico estes postos são pouco exigentes, no entanto, o esforço mental é elevado, facto que se deve não só à necessidade de conhecimentos técnicos como à concentração exigida.

Partindo desta constatação, torna-se pois importante proceder a uma análise mais cuidadosa da actividade dos diferentes operadores no seu local de trabalho considerando as diferentes tarefas e máquinas que lhes são designadas. A execução das tarefas implica determinadas exigências a nível do trabalho mental tais como a capacidade de estabelecer diagnósticos sobre o estado do sistema, a necessidade de sintetizar várias fontes de informação ou a necessidade de antecipar a chegada de sinais de informação (14). A performance dos operadores resultará por um lado das exigências inerentes às tarefas e por outro lado da carga mental resultante dos modos operatórios a desenvolver no sentido da realizacão de determinado objectivo. Assim, na definição das tarefas há que ponderar as exigências sub-jacentes a cada tarefa afim de se optimizar a actividade dos operadores reduzindo-se potenciais zonas de risco; isto porque, a sobrecarga mental para um dado operador leva à variação de actividades operatórias podendo implicar uma variação na qualidade do trabalho (15). Por conseguinte, uma intervenção a este nível pode permitir reduzir os factores que contribuem à sobrecarga informacional ou facilitar o acesso a informação mais pertinente no sentido de se desenvolver uma estratégia específica.

O raio de acção, a força, a velocidade e os movimentos inesperados dos robots são parâmetros presentes nesta unidade de produção. Situações onde a introdução dos robots é recente e onde a experiência no modo de operação e manutenção dos robots é insuficiente, por parte dos operadores, constituem ambientes bem específicos de perigo.

É óbvio que a forma de segurança mais evidente é manter os operadores afastados das zonas onde possam existir robots. Isto contudo é impraticável, pois tanto os operadores como o pessoal da manutenção necessitam interactuar com os mesmos por forma a manter o seu correcto funcionamento. Uma alternativa lógica é incorporar protecções no sistema. A inexistência dessas protecções (barreiras de segurança) é causa frequente de acidentes com robots.

Num estudo realizado junto de 19 utilizadores de robots industriais nos Estados Unidos [15], a maioria dos 250 robots referidos eram robots de manipulação (44%) e apenas 2% eram específicos de montagem. De acordo com as normas americanas de segurança em instalações robotizadas (ANSI/RIA [16]) as empresas aplicavam quer protecções passivas, quer activas, sendo a maior parte dos tipos seguintes:

Quadro 4 - Medidas de Segurança Passiva e Activas

Medidas de segurança passiva		**Medidas de segurança activa**	
Dispositivos visuais		Dispositivos mais	utilizados
Avisos luminosos	73%	cortina luminosa	67%
Avisos de sinais	60%	monitorização da aplicação lógica	59%
Dispositivos físicos		Resposta ao erro	
Barreira de segurança	73%	paragem de energia	64%
Paragem manual	59%	corte de corrente	36%
Vedações		Reacções de perda de energia	
Nenhuma/limitadas	60%	travões activados	50%
Parciais	20%	capacidade eléctrica	20%
Completas	20%	paragem de emergência	20%

FONTE: Baseado em HERSHFELD, R.A.; AGHAZADEH, F.; CHAPLESKI, R.C.: 1993, p. 373-4

Além das protecções, a formação do operador no sentido de saber operar e desempenhar acções de manutenção em condições de segurança; a experiência e a qualificação do operador; e uma gestão insistente no cumprimento dos procedimentos de segurança estabelecidos, são requisitos essenciais para garantir a segurança na interface robot - operador.

Nesta unidade as principais fontes de perigo são os robots, sendo necessário tomar medidas especiais de segurança nas operações de: “setup”, operação automática, reparações e trabalho de manutenção. As especificações de segurança fornecidas pelo fabricante devem ser cuidadosamente analisadas na concepção do “layout” do sistema, de modo a prevenir situações de risco associadas a implantações incorrectas.

Em ambiente de investigação não são sempre as mesmas pessoas a trabalhar na unidade. Aqui, normalmente, o trabalho é feito por diversos grupos muitas vezes em curtos períodos (2-3 meses), aumentando os riscos por falta de formação em questões de segurança. A elaboração de uma brochura com todos os tipos de procedimento, de perigos e cuidados a ter, será uma forma de reduzir estes perigos. Para que tal medida funcione é necessário tornar obrigatório a apresentação e leitura de tal brochura antes de entrar na unidade.

Sabendo-se que normalmente os operadores de robots realizam cerca de 37% do seu tempo de trabalho (mais de 3 horas/dia) dentro do espaço de operações dos robots ou ineragindo com esse espaço [17], os *aspectos ergonómicos da hibridação* devem ser tomado em consideração, dado existirem riscos na operação de trabalho, e na própria qualidade com efeitos sobre a produtividade.

7. CONCLUSÕES

O conceito de *hibridação* integra a arquitectura física dos sistemas (“hardware”) de produção, o sistema de informação que integra essa arquitectura, e a configuração de postos de trabalho afectos aos sistemas de produção e de informação. Pode-se concluir que, quanto mais os sistemas computorizados se complexificam (que é o caso de um sistema CIM), mais os utilizadores humanos têm dificuldade em compreender e aplicar eficientemente de modo funcional o sistema base a que podem ter acesso [18]. As interdependências entre esses aspectos foram analisadas tendo como ponto de referência o sistema flexível de produção e montagem da unidade-piloto existente no UNINOVA-CRI.

O conceito de *célula de produção* é um elemento central dado que num sistema híbrido existem fluxos de informação e fluxos de materiais processados automaticamente cuja circulação pode ser, ou é, alterada e acrescentada por indivíduos. Assim, os indivíduos (operadores e operadoras de máquinas e/ou sistemas, e pessoal técnico) interagem com máquinas, no seio de sistemas de trabalho complexos. A sua associação e cooperação implica a participação na tomada de decisão e uma crescente autonomia dos postos de trabalho. Estas tendências podem ser consideradas como elementos de novos modelos de produção.

Dado um mesmo sistema técnico (por exemplo, a unidade-piloto em referência) são possíveis diferentes soluções organizacionais que podem decorrer da aplicação de cada uma das hipóteses possíveis de desenvolvimento desses sistemas, nomeadamente:

a) total automatização com controlo humano centralizado;

b) processo não automatizado de trabalho oficinal com um sistema "um indivíduo, uma máquina";

c) sistema híbrido de células automatizadas com postos de trabalho "elásticos".

A solução a ser adoptada com caso em análise deverá apontar para a última das hipóteses referidas que, em nossa opinião, melhor aplica e desenvolve o conceito de hibridação e de trabalho em rede apoiado no conceito de célula de produção.

BIBLIOGRAFIA

[1] Esta comunicação foi realizada no âmbito do projecto de investigação nº PCSH/C/SOC/761/93 subsidiado pela JNICT - “Novos Modelos de Produção na

Indústria Portuguesa - Estudos de Caso". Foi apresentada nas 5ª Jornadas de PPP/AC organizadas pela Ordem dos Engenheiros, 1995, Lisboa.

[2] cf. BARATA, J.; MATOS, L.C.: "Development of a FMS/FAS System: The CRI's Pilot Unit" in ECLA.CIM'93: Proceedings of the European Community-Latin America Workshop on Computer Integrated Manufacturing, Nov. 93, pp. 125 - 133

[3] Buffer - pequeno armazém local que inclui peças a ser maquinadas ou já transformadas.

[4] cf. MONIZ, A.B.: "Condições de trabalho em ambientes automatizados na indústria", Organizações e Trabalho, Nº 7/8, Lisboa, APSIOT, 1992, pp. 149 - 159.

[5] cf. MONIZ, A.B.: Processos de Mudança Tecnológica e Organizacional na Indústria Portuguesa, 6onte da Caparica, FCT-UNL, 1991, p. 566 e seguintes.

[6] MONIZ, A.B.: Processos..., op. cit., 1991, p. 571.

[7] NICOLAISEN, Peter: "Ways of improving industrial safety for the programming of industrial robots", Proc. 3rd Int. Conf. on Human Factors in Manufacturing, IFS, 1986, pp. 265.

[8] cf. STEIGER-GARÇÃO, A.; MATOS, L.C.: Uma perspectiva integrada para a programação de células robóticas, relatório GR RT-DA-17-88, Monte da Caparica, FCT-UNL, 1988.

[9] VDU - Visual Display Units, écrans de visualização, isto é, monitores de computadores pessoais, ou termainais de computação.

[10] Para mais informações sobre este tipo de problemática ver: Normas ICL.

[11] Normas ICL - normas inglesas a aplicar em postos de trabalho que utilizam VDU's, desenvolvidas pela empresa ICL.

[12] cf. OLIVEIRA, P.; BORGES, P.; FERREIRA, R.: Estudo ergonómico de um posto de trabalho numa célula robotizada (CRI-UNINOVA), relatório , Monte da Caparica, 1994, 53 pp+anexos.

[13] NIOSH - National Institute for Occupational and Safety

[14] SPERANDIO, J.C.: L'ergonomie du travail mentale, Ed. Masson, 1988

[15] cf. MONIZ, A.B.: Processos..., op. cit., 1991, p. 541 e segs.

[16] cf. HERSHFELD, R.A.; AGHAZADEH, F.; CHAPLESKI, R.C.: "Survey of Robot Safety in Industry", International Journal of Human Factores in Manufacturing, Vol. 3 (4), Wiley, Nova Iorque, Outubro 1993, pp. 369 - 379.

[17] ANSI/RIA - American National Standards Institute/Robot Industries Association, cujas normas e requesitos foram publicados em 1992.

[18] cf. HERSHFELD, R.A.; AGHAZADEH, F.; CHAPLESKI, R.C.: op. cit., 1993, p. 378.

[19] cf. ZACHARY, W.; WEILAND, M.: "Interface Agents for Effective Human-Computer Coordination in Hybrid Automation Systems" in KIDD, P.; KARWOWSKI, W. (eds.): Advances in Agile Manufacturing, Amsterdam, IOS Press, 1994, pp. 313 - 316.